

# PC 箱桁橋の定着部近傍への Zn カートリッジ工法の適用

技術本部	技術部	青山 敏幸
技術本部	技術部	大村 信暁
技術本部	技術部	白水 祐一

**概要**：PC 箱桁橋の桁内に配置された配水管損傷部からの凍結防止剤を含む漏水に起因した、下床版の PC 鋼材定着部近傍の塩害による鋼材腐食の抑制対策として、Zn カートリッジ工法を適用した。本稿では、箱桁橋へ Zn カートリッジ工法の適用に至った経緯と施工方法および施工後のモニタリングの結果について報告する。

**Key Words**：Zn カートリッジ工法，PC 箱桁橋，PC 定着部，腐食抑制

## 1. はじめに

供用中の高速道路の PC 箱桁橋において、桁内に配置された排水管損傷部からの凍結防止剤を含む漏水に起因した塩害劣化が顕在化している。しかし、補修の際に箱桁内部は狭隘であり資機材搬入の制約も大きいなど施工性が悪い。特に PC 定着部においては応力集中箇所のため、鉄筋裏までのはつりを伴う断面修復が困難であることから補修事例が少なく損傷度に応じた補修方法が標準化されていない。PC 箱桁橋内空部の漏水による塩害が生じた PC 定着部を対象に、鋼材腐食抑制対策として電気化学的補修工法である Zn カートリッジ工法を試験的に施工した。本稿では、電気化学的補修工法の概要と効果検証のために行ったモニタリング調査の結果について報告する。



写真-1 漏水状況



写真-2 補修前の状況

## 2. 試験施工の概要

### 2.1 構造物の概要

試験施工対象のPC連続箱桁橋は、山陽自動車道の5径間連続ラーメン箱桁で橋長600mを超える長大橋でありディビダーク工法により架設され、供用後30年が経過している。試験施工を実施した箇所は、写真-1に示すように排水管接続部からの漏水により下床版上面を流下し、PC定着突起部周辺に滞水することにより表面のかぶり鉄筋が腐



青山 敏幸



大村 信暁



白水 祐一

食しコンクリートの浮き・はく離が見受けられた写真-2に示す箇所である。表面から浸透した塩分量の深度分布を把握するため、写真-2に示す箇所でコアを採取し塩化物含有量試験（全塩分・可溶性塩分量）を実施した。なお、PC鋼材定着部の鋼材配置は、表面から135mmの位置にPC鋼棒φ32が300～400mm間隔で配置され、100～200mm間隔でかぶり鉄筋(D13)が配置されている。コア採取した位置の塩化物含有量試験結果を図-1に示す。表面の塩分量が約17 kg/m<sup>3</sup>、深度50mmで4.9kg/m<sup>3</sup>、70mmで2.4kg/m<sup>3</sup>であり、腐食発生限界1.7kg/m<sup>3</sup>を超えている。

## 2.2 工法概要と Zn カートリッジの設置

Zn カートリッジ工法は、非硬化型のバックフィル、直径 110mm 厚さ 5mm 防食亜鉛からなる流電陽極材、M6 ボルト、収納ケースを、アンカーを用いてコンクリート表面に取り付けて鋼材と接続することで鋼材腐食を抑制する。今回は陽極材の取替が可能であり、当該箇所のように小規模の補修範囲に対して施工性、維持管理が容易な工法として Zn カートリッジ工法が選定された。なお、補修範囲の浮き・はく離部は、これらを除く程度の断面修復を行った。

Zn カートリッジの設置は、既往の研究<sup>1)</sup>を参考に、電位変化量が 25～50mV 程度以上を確保することを目的に、図-2に示すように橋軸方向に 500mm、橋軸直角方向に 200～400mm 程度の間隔で配置し、合計で 74 個の陽極材を設置した。今回の施工では、Zn カートリッジを 14, 18, 17, 25 箇所の 4 つの回路に分割し、それぞれの回路に対して計測用のモニタリングボックスを設置した。

施工後の電気化学的測定による腐食抑制の効果をモニタリングするため、鋼材電位のモニタリングセンサーとしてチタンワイヤーセンサーを健全部のシース（深度 130mm）、補修部のシース（深度 130mm）、PC 鋼材定着部（深度 100mm）、鉄筋（深度 50mm）位置に設置した。

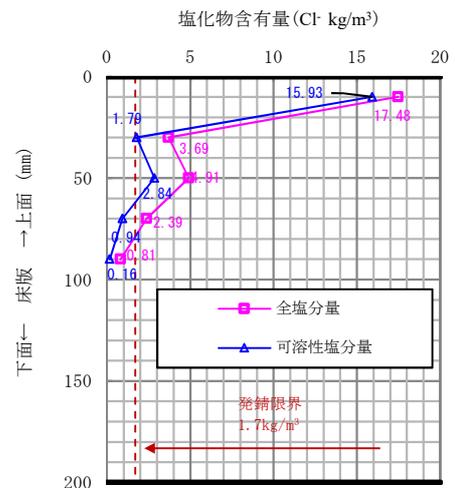


図-1 塩化物イオン含有量試験結果

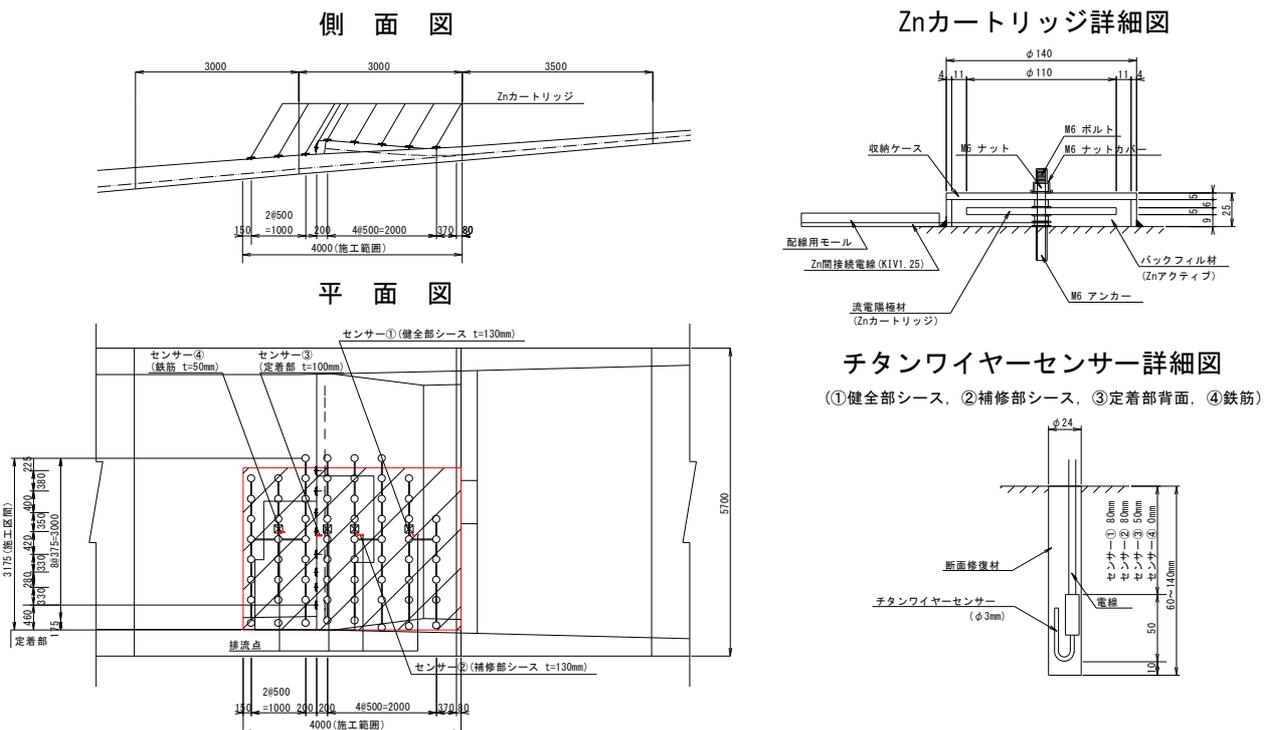


図-2 Zn カートリッジおよびチタンワイヤーセンサー設置位置図

### 3. Zn カートリッジ工法の施工

#### 3.1 施工フロー

Zn カートリッジ工法の施工フローを図-3 に示す。今回は、事前調査にて鋼材電位をモニタリングするためのチタンワイヤーセンサーを設置した後に、Zn カートリッジ設置準備、および Zn カートリッジの設置を行った。

#### 3.2 事前調査工

事前調査工は、写真-3 に示すように RC レーダーを用いて鉄筋、シース、定着部などの位置およびかぶり深さの調査を行う「鋼材探査工」および排流点と流電陽極材の設置位置をマーキングする「マーキング工」からなる。

#### 3.3 チタンワイヤーセンサー設置工

チタンワイヤーセンサー設置工は、鋼材電位の測定を行うための小型照合電極であるチタンワイヤーセンサーを設置するための工種である。センサーの設置は、事前調査で決定した任意の深さまでのドリル削孔を行った後に、写真-4 に示すようにセンサーを断面修復材にて被覆した。

#### 3.4 Zn カートリッジ設置準備工

Zn カートリッジ設置準備工は、鋼材と Zn カートリッジを接続するために、鋼材をはつりだして電線と接続するための「排流点設置工」、Zn カートリッジを設置するための「アンカー設置工」からなる。

排流点の設置状況を写真-5 に示す。排流点は、鋼材位置をドリル削孔し鋼材表面を露出させ、鋼材側面にコンクリートビス用のドリル削孔を行い、丸形端子付きの電線をコンクリートビスにて鋼材表面と圧着させた。Zn カートリッジのアンカーは、φ8.5mm、深さ 25mm のドリル削孔を行



図-3 施工フロー



写真-3 事前調査工



写真-4 チタンワイヤーセンサー設置

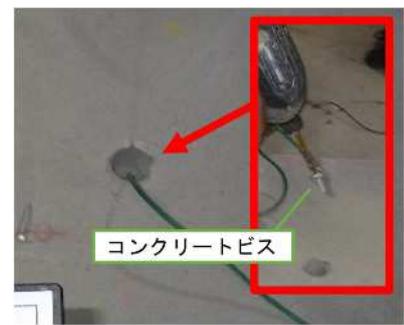


写真-5 排流点設置

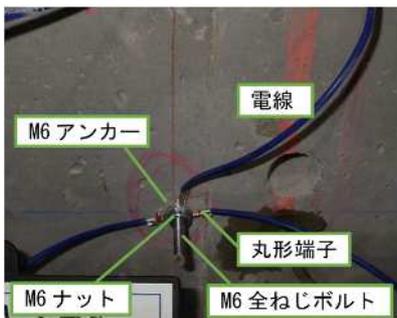


写真-6 アンカー，配線設置

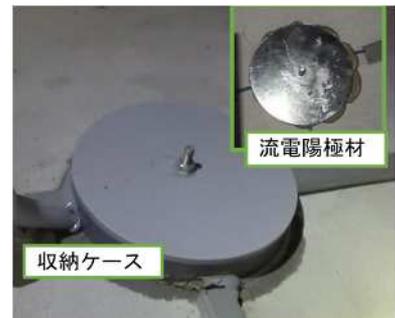


写真-7 Zn カートリッジ設置



写真-8 モニタリングボックス設置

い清掃した後に、M6 のアンカーを打ち込んだ後に、写真-6 に示すように先端に丸形端子を設置した電線同士を、M6 の全ネジボルトとナットにて固定し、Zn カートリッジ間の接続を行った。

### 3.5 Zn カートリッジ設置工

Zn カートリッジ設置工は、バックフィル材を練混ぜた後に、Zn カートリッジの周りをバックフィル材で被覆、設置する工種である。写真-7 に示すように、バックフィル材を注入した収納ケースをコンクリート表面に固定し、収納ケースのまわりにコーキングを行った。

### 3.6 モニタリングボックス設置工

Zn カートリッジ工法適用後の補修効果の確認を目的として、写真-8 に示すようにプールボックスおよびスイッチ付きの端子台を 4 箇所設置し、施工後には流電陽極材一排水点間の電流量および鋼材、流電陽極材の電位測定が可能なモニタリングボックスを 4 箇所設置した。完成状況を写真-9 に示す。



写真-9 完成

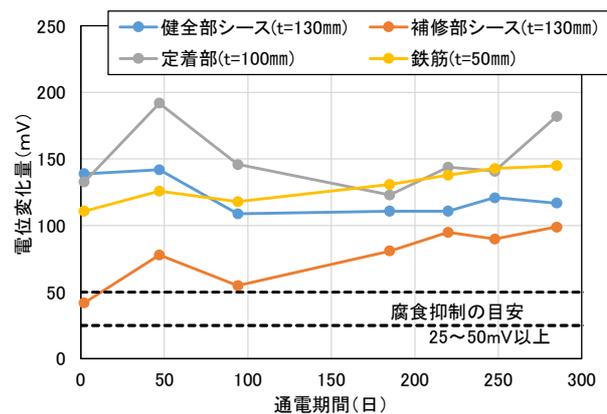


図-4 電位変化量の測定結果

## 4. 施工後のモニタリング

施工後の腐食抑制効果を評価するため、電気化学的補修工法の腐食抑制の指標となる電位変化量の測定を行った。測定結果を図-4 に示す。ここで、電位変化量はインスタントオフ電位と通電停止から 24 時間後の電位（自然電位）の差とした。

Zn カートリッジ設置から 9 ヶ月にわたる電位変化量の測定結果は、全てのセンサー位置で腐食抑制の目安の 25~50mV を上回るとともに、定着部背面では電気防食による防食基準のレベルである 100mV 以上の電位変化量が得られており、本工法による腐食抑制効果が認められた。

## 5. まとめ

定着部への腐食抑制効果を確認するために実施した流電陽極方式による本試験施工より得られた知見、今後の展開について下記に示す。

- (1) PC 鋼材定着部における電位変化量は、腐食抑制の目安を大きく上回り、電気防食基準である 100mV を超える結果が得られた。
- (2) Zn カートリッジ工法は、陽極材取替等のメンテナンスや、モニタリングが容易に行えるため、維持管理の観点からも PC 箱桁橋(内空部) への適用性は高いと考える。
- (3) 劣化が顕在化した箇所では腐食状態が進行することにより、本工法の腐食抑制効果が低くなる可能性があるため、劣化が顕在化する前に予防保全対策として施工することが重要であると考えられる。

## 謝辞

本試験施工では、発注者の西日本高速道路株式会社、西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社をはじめ関係各位にご指導を頂きました。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 亀田浩昭ほか：流電陽極材を用いた腐食緩和工法のプレテンション方式 PC 橋への適用,第 28 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集,Vol.28,pp.593-598,2019.11